

氏 名	Koutsaftis Apostolos
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	環境理工学
学位授与番号	博甲第3492号
学位授与の日付	平成19年 9月30日
学位授与の要件	自然科学研究科資源管理科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Studies on the ecotoxicity and ecological risks of antifouling chemicals (船底防汚剤の生態毒性と環境リスクに関する研究)
論文審査委員	教授 青山 勲      教授 河合富佐子      准教授 中島 進

#### 学位論文内容の要旨

In this study, the environmental impacts of new antifouling alternative to tributyltin (TBT) biocides at the ecotoxicological level were assessed. The main aims of this study were to estimate the possible risks posed by the coexistence of such chemicals in the marine environment. Hence, mixture toxicity assessment is performed at the plant, animal and bacterial level. Mixture effects were evaluated by several mathematical models and statistical methods and their validation was also performed. Moreover, the effects of natural parameters such as salinity and temperature on the ecotoxicity of such new antifouling chemicals were studied. Finally, the potential of some of the new antifouling chemicals to cause oxidative stress was explored.

In some cases strong synergistic effects of some of the tested chemicals were observed, and considering their reported concentration levels or their possible coexistence in the marine environment it is concluded that in real environmental conditions they could be a reason of environmental risk. The abiotic marine environmental parameters proved to have significant effects on the toxicity of the tested chemicals, and it was shown that such parameters should be taken into consideration when performing ecological risk assessments in order to obtain realistic estimations. For the first time, it was shown that some new antifouling biocides have the potential to cause oxidative stress. Using a newly developed biomarker it was seen that two organometallic compounds caused oxidative stress in much lower concentrations comparing to the metals in their inorganic form and this finding reveals a new possible mechanism through which the two compounds could be of higher environmental risk.

## 論文審査結果の要旨

本研究の目的は、現在使用されている数種類の船底防汚剤と複合毒性評価と毒性に及ぼす塩分や水温などの環境要因の影響評価、毒性評価は生物の個体レベルへの影響、バイオマーカーとして、化学物質の酸化ストレスを評価することである。

船底防汚剤 Irgarol 1051, Diuron, 亜鉛ピリチオンの相互作用, Cu, Cd, Zn との相互作用, 海洋藻類の増殖阻害を EC50 値で毒性強度を評価, これらの内の 2 つの化学物質の複合投与による相互作用を当効果線法と確率モデルにより評価した。毒性強度の順位は  $Cd < Zn < Cu < Duron < Zn$  ピリチオン  $< Irgarol1051$  となり, TBT に代わるイルガロールの毒性は決して弱いものではないということがわかった。また複合作用様式は Cd とは相乗作用であることがわかり, 環境管理の必要性が示唆された。しかし亜鉛ピリチオンと Cu, Cd は拮抗作用, 2 つの評価法ではほぼ同様の結果が得られた。3 ~ 4 種の化学物質の複合投与では明確な相乗作用が見られた。実際の海洋環境では, 生物は複数の化学物質に暴露されるので, 相乗作用が明らかになったことは, 化学物質の環境基準を決める上に重要な知見である。Duron の場合, 金属ピリチオンとの相互作用は, 濃度に依存して相乗, 拮抗, 相加作用が見られた。Cu ピリチオン (CPT) と Duron のアルテミアに対する毒性作用に及ぼす塩分と水温の影響について調べられた。一般的に水温が下がると毒性の現象が見られた。塩分の現象は Duron の毒性を減じた。実際の生態影響を論じる場合には, このような環境要因に十分な配慮が必要であることが示唆された。4 種の船底防汚剤 ZPT, CPT, イルガロール, Durin の酸化ストレス強度が蛍光タンパク (roGFP) を酸化ストレスのバイオマーカーとして ZPT と CPT が調べられた。5 mg/L 程度の濃度では酸化ストレスを引き起こさないことがわかった。有機金属化合物 9 ZPT, CPT) と重金属 (Zn, Cu) の毒性が海洋性バクテリア *Vibrio fischeri* を用いて評価された。ここでも相乗作用が見られた。船底防汚剤による実際の海洋環境の汚染は, 多様な防汚剤, 重金属によって汚染されており, 化学物質の組み合わせ, 無機環境濃度によって相互作用様式は異なるが, 環境リスクの観点から考えると, 相乗作用を前提として環境管理を行うことが重要である。以上の研究成果は博士論文として相応しいと判断した。